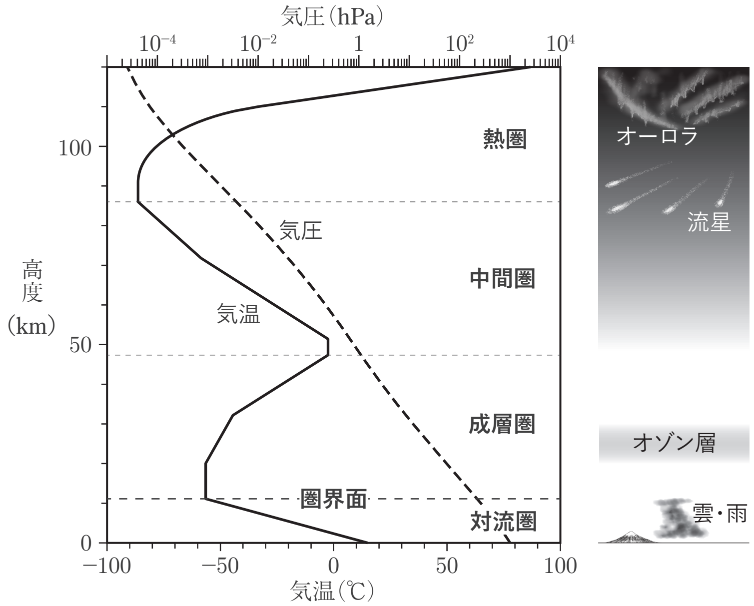
第６講　地球の熱収支

■ 地球の大気の構造

大気の鉛直構造

地球の大気は，温度変化の傾向をもとに区分されている。

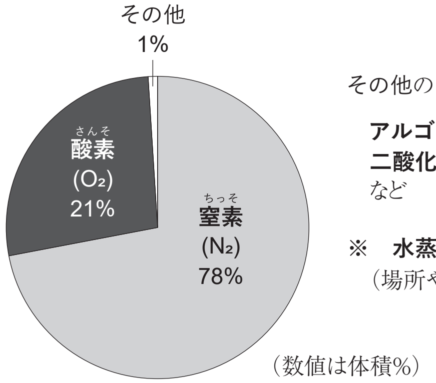


※図は中緯度の平均的な温度分布であり，圏界面の高さは低緯度で高く，高緯度で低い。

乾燥大気の主成分

対流圏～中間圏において，乾燥大気（大気から水蒸気を除いたもの）の組成はほぼ一定。

地球史を通して二酸化炭素が減少，酸素が増加し，現在の大気組成となった。



その他の内訳

アルゴン (Ar) 0.9%
二酸化炭素 (CO_2) 0.04%
など

※　**水蒸気** (H_2O) は，大気中に最大で4%程度含まれる（場所や日時による違いが大きい）。

相対湿度

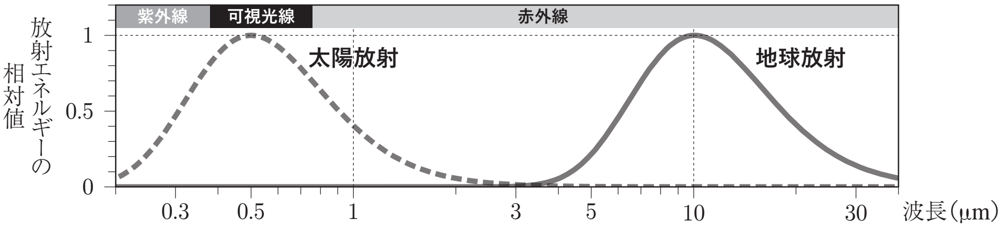
飽和水蒸気量に対する，実際の空気塊に含まれる水蒸気量の割合。ふつう百分率で表す。

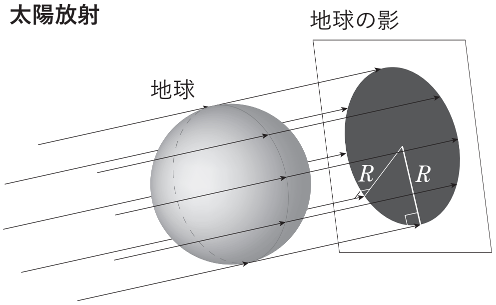
露点

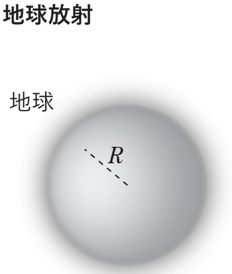
空気塊を同じ圧力のままで冷やしていったとき，水蒸気量と飽和水蒸気量が等しくなる温度。

■ 地球の熱収支

太陽放射と地球放射







地球の半径を R としたとき，

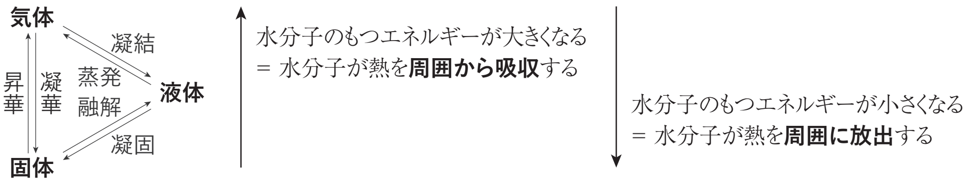
○地球が太陽からの光を遮る面積は πR^2（断面積）。

○地球が電磁波を放射する面積は $4\pi R^2$（表面積）。

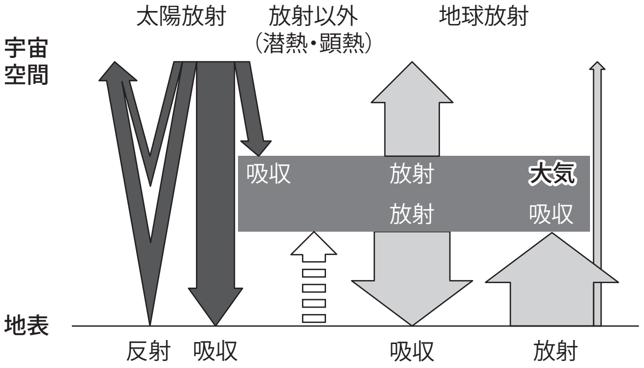
太陽定数……地球の大気上端において，太陽放射に垂直な $1\ m^2$ の面が１秒間に受けるエネルギー（約 $1400 W/m^2$）。

潜熱

状態変化に伴ってやり取りされるエネルギー。



地表・大気・宇宙空間のエネルギーのやり取り



温室効果ガス

可視光線をよく通すが赤外線を吸収する気体（水蒸気，二酸化炭素，メタンなど）。

温室効果

大気中の温室効果ガスが地表からの赤外線を吸収・再放射して地表を温めるはたらき。

< Note >

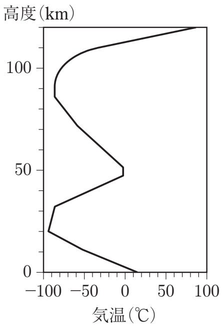
演習問題

1 次の文章を読み，後の問いに答えよ。

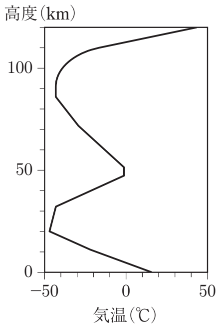
地球の大気の温度は高度とともに大きく変化する。(a)地球の大気は，その変化の傾向をもとに区分されている。また，気圧も高度とともに変化し，(b)気圧が高度の指標として用いられることもある。

問１ 上の文章中の下線部(a)に関連して，地球の大気における高度に対する気温の変化のようすを表す図として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

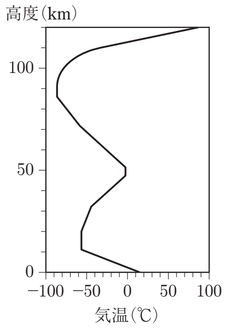
①



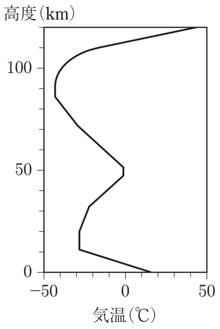
②



③



④



問２ 上の文章中の下線部(a)に関連して，地球の大気の層構造について述べた文として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 対流圏の厚さは緯度により異なり，低緯度とくらべて高緯度の方が厚い。
② 成層圏の最上部にはオゾン層が存在する。
③ 中間圏では流星が発生する。
④ 高緯度地域の熱圏ではオーロラが発生する。

問３　上の文章中の下線部(b)に関連して述べた次の文章中の［ア］～［エ］に入れる語句と数値の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。

地表から中間圏までの間において，高度が 16km 大きくなるごとに気圧は約［ア］になっていく。オゾン層の高度に対応する気圧は［イ］hPa 程度であり，気圧が 1hPa になるのは［ウ］と［エ］との境界付近である。

	ウ	エ	オ	カ
①	2 分の 1	250	中間圏	熱圏
②	2 分の 1	250	成層圏	中間圏
③	2 分の 1	60	中間圏	熱圏
④	2 分の 1	60	成層圏	中間圏
⑤	10 分の 1	10	成層圏	中間圏
⑥	10 分の 1	10	対流圏	成層圏
⑦	10 分の 1	0.1	成層圏	中間圏
⑧	10 分の 1	0.1	対流圏	成層圏

問４　地球の大気の成分について述べた文として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　乾燥大気のうち体積比が３番目に大きい成分は二酸化炭素である。

②　乾燥大気のうち体積比が１番目から３番目に大きい成分の組成比は，対流圏から中間圏までほぼ一定である。

③　乾燥大気の組成比は，過去 40 億年間にわたってほぼ一定に保たれている。

④　夏の日本列島付近では，対流圏における水蒸気の体積比は 50% 以上となることが多い。

2 次の文章を読み，後の問いに答えよ。

地球全体でみたとき，地球の吸収する太陽放射と地球の放出する地球放射はつり合っている。太陽放射が最も強いのは［ ア ］の領域の電磁波であり，地球放射が最も強いのは［ イ ］の領域の電磁波である。

問１ 上の文章中の［ ア ］・［ イ ］に入れる語の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

	ア	イ
①	紫外線	可視光線
②	紫外線	赤外線
③	可視光線	紫外線
④	可視光線	赤外線
⑤	赤外線	紫外線
⑥	赤外線	可視光線

問２ 太陽定数を S_0 とする。また，地球に入射した太陽放射のうち宇宙空間に反射される割合を A とする。このとき，宇宙へ放出される単位面積あたりの地球放射の大きさを地球全体で平均した値はどのような式で求められるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① AS_0　② $(1-A)S_0$　③ $\dfrac{AS_0}{4}$　④ $\dfrac{(1-A)S_0}{4}$

問3 次の図1は，地球放射を模式的に示した図である。図1に関連して述べた文として**誤っているもの**を，後の①～④のうちから一つ選べ。

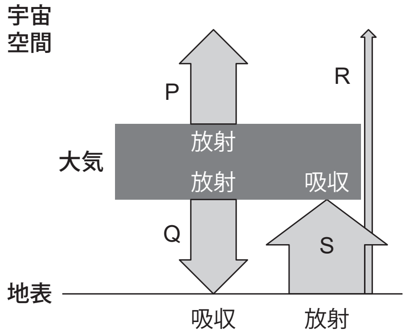


図1 地球放射のようす

① 大気中の二酸化炭素濃度が増加すると，Rに対するSの比が大きくなる。

② 穏やかに晴れた夜には，曇った夜とくらべてRに対するSの比が小さくなる。

③ 大気中のメタン濃度が変化しても，PやQには変化が生じない。

④ Qのエネルギーは，太陽放射のうち地表に吸収されるエネルギーより多い。

3 次の文章を読み，後の問いに答えよ。

地球の表層環境を特徴づける物質の一つは水である。地球表層の温度範囲において，水は固体，液体，気体の間で状態変化する。この状態変化は地表面と大気との間で水の輸送を引き起こすだけでなく，エネルギーの輸送にもつながっている。

次の図１は，気温と飽和水蒸気量との関係を示している。たとえば，(a)気温が 35℃で露点（露点温度）が 30℃の空気塊があったとする。このとき，相対湿度は約［ア］% である。また，この空気を 30℃未満まで冷却すると［イ］が起こり，水の状態変化によって［ウ］。

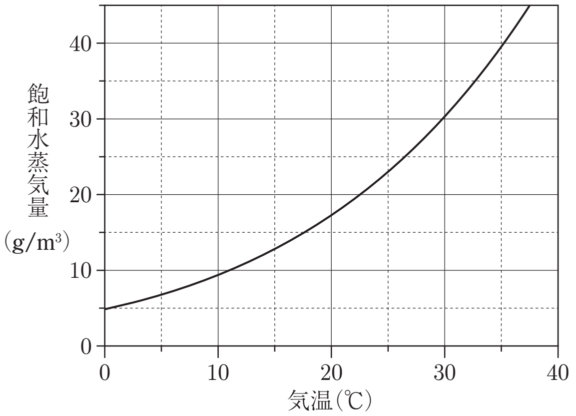


図１　気温と飽和水蒸気量との関係

問１　上の文章中の［ア］～［ウ］に入れる数値と語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ
①	77	凝　結	周囲から熱が吸収される
②	77	凝　結	周囲へと熱が放出される
③	77	凝　固	周囲から熱が吸収される
④	77	凝　固	周囲へと熱が放出される
⑤	86	凝　結	周囲から熱が吸収される
⑥	86	凝　結	周囲へと熱が放出される
⑦	86	凝　固	周囲から熱が吸収される
⑧	86	凝　固	周囲へと熱が放出される

問２ 上の文章中の下線部(a)の空気塊 $1m^3$ を 10℃まで冷却したとき，周囲との間でやり取りされる潜熱は何 kJ か。その数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，1g の水蒸気が水へと変化するときに周囲との間でやり取りされる潜熱の量は 2.3kJ であるものとする。

① 24　② 36　③ 48　④ 72

問３ 潜熱について述べた文として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 水蒸気が周囲との間で潜熱をやり取りすることで気温が上昇することを，温室効果という。
② よく晴れて暑い日の地表に水をまくと，水の状態変化によって地表面の温度が上昇する。
③ 潜熱による熱輸送は地表と大気との間でみられるが，大気と宇宙空間との間ではみられない。
④ 潜熱による熱輸送は陸面と大気との間でみられるが，海面と大気との間ではみられない。

第６講 確認問題

問１ 次の文章を読み，後の問いに答えよ。

地球の大気の温度は高度とともに大きく変化する。地球の大気は，その変化の傾向をもとに区分されている。また，気圧も高度とともに変化し，気圧が高度の指標として用いられることもある。

上の文章中の下線部に関連して述べた次の文章中の ア ～ ウ に入れる語句と数値の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。

地表から中間圏までの間において，高度が約 5.5km 高くなるごとに気圧は約 ア になっていく。日本上空の圏界面の平均的な高度に対応する気圧はおよそ イ hPa であり，気圧が 100hPa になるのは ウ 付近である。

	ア	イ	ウ
①	２分の１	250	中間圏
②	２分の１	250	成層圏
③	２分の１	500	中間圏
④	２分の１	500	成層圏
⑤	10 分の１	500	中間圏
⑥	10 分の１	500	成層圏
⑦	10 分の１	250	中間圏
⑧	10 分の１	250	成層圏

問２ 太陽定数を S_0 とする。地球全体が単位時間に受け取る太陽放射エネルギーの量はどのような式で求められるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，地球の半径を R とする。

① $\pi R^2 S_0$　　② $\frac{4}{3}\pi R^3 S_0$

③ $4\pi R^2 S_0$　　④ $2\pi R S_0$

問３　次の文章を読み，後の問いに答えよ。

次の図１は，気温と飽和水蒸気量との関係を示している。たとえば，気温が 30℃，露点（露点温度）が 26℃，体積が 1m^3 の空気塊を考える。このとき，相対湿度は約 **エ** ％である。また，この空気を 11℃まで冷却すると約 **オ** g の水滴が発生する。

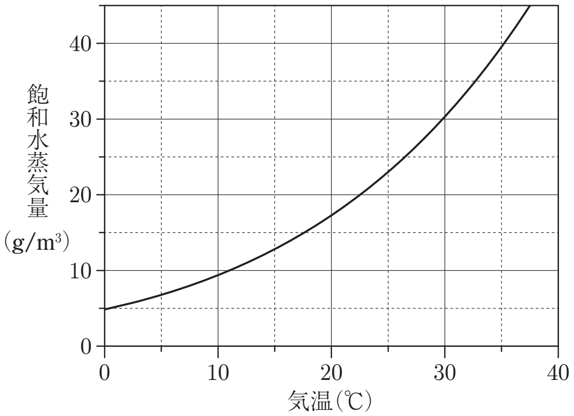


図１　気温と飽和水蒸気量との関係

上の文章中の **エ** ・ **オ** に入れる数値の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

	エ	オ
①	80	24
②	80	14
③	60	24
④	60	14

< Note >

第６講　地球の熱収支

1

問１　③

問２　④

問３　⑤

問４　②

2

問１　④

問２　④

問３　③

3

問１　②

問２　③

問３　③

第 6 講　確認問題　解答

問 1　解答：②

解説：
地表から中間圏までの間では約 5.5km 上昇すると気圧は 2 分の 1 になる。日本上空の対流圏界面の平均高度は約 11km なので，気圧は地表の約 4 分の 1 になる。高度約 5.5 × 3 ＝ 16.5km で気圧が地表の約 8 分の 1（≒ 127hPa），高度約 5.5 × 4 ＝ 22km で気圧が地表の約 16 分の 1（≒ 63hPa）になることから，気圧が 100hPa になるのはこれらの高度の間であり，成層圏だといえる。

問 2　解答：①

解説：
地球全体が単位時間に受け取る太陽放射エネルギーの量は，太陽定数に地球の断面積をかけた量に相当する。このエネルギーを地球の表面積で割ると，太陽定数の 4 分の 1 になり，値としては約 0.34kW/m^2 となる。これは，緯度や時刻で変化する日射量を地球全体で平均した値である。

問３　解答：②

解説：

露点温度が 26℃の空気塊について，図１から水蒸気量を読み取ると約 $24\mathrm{g/m^3}$ である。気温 30℃における飽和水蒸気量は約 $30\mathrm{g/m^3}$ なので，相対湿度は $\dfrac{24\mathrm{g/m^3}}{30\mathrm{g/m^3}}=0.8$ より，80％である。また，11℃まで空気を冷却すると，11℃での飽和水蒸気量 10g を超える水蒸気は凝結して液体の水になる。この空気塊 $1\mathrm{m^3}$ は約 24g の水蒸気を含んでいるので，$24\mathrm{g}-10\mathrm{g}=14\mathrm{g}$ の水滴が発生する。